

ФАРМАКОГНОЗИЯ И БОТАНИКА

Н. А. Кузьмичева

ФИТОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕМЯН ПАЖИТНИКА СЕННОГО

Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет

В статье описана методика обнаружения стероидных сапонинов и флавоноидов в семенах пажитника сенного с помощью ТСХ. Предложены несколько систем растворителей, одна из которых является универсальной для разделения как сапонинов, так и флавоноидов. Адаптированы к данному сырью спектрофотометрические методики количественного определения фураностаноловых сапонинов с реактивом Эрлиха, полисахаридов с раствором фенола и флавоноидов с алюминия хлоридом. Приводятся описания методик и формулы расчета. С помощью разработанных методик определено количественное содержание вышеуказанных групп веществ в трех образцах семян пажитника из Индии, Ливана и Беларуси. Показано, что содержание сапонинов в семенах пажитника из Беларуси выше, содержание флавоноидов и полисахаридов несколько меньше по сравнению с выращенными в более жарком климате.

*Ключевые слова: стероидные сапонины, флавоноиды, полисахариды, пажитник сенной, *Trigonella foenum-graecum*, ТСХ, спектрофотометрия.*

ВВЕДЕНИЕ

Для современного производства лекарственных средств на основе лекарственных растений необходима гарантированная сырьевая база, которую в настоящее время могут обеспечить растения, культура выращивания которых хорошо развита, так как они имеют определенное значение в качестве сырья для пищевой промышленности. Новый подход к использованию в фармации некоторых культивируемых пищевых растений имеет ряд неоспоримых преимуществ: во-первых, это достаточная сырьевая база (опыт культуры выращивания, селекция, сортовой отбор с повышенным содержанием действующих веществ, высокий уровень агротехники, возможность размещения посадочных площадей в наиболее благоприятных почвенно-климатических и экологических зонах и т.д.). Во-вторых – исследуемые растения являются пищевыми, а, следовательно, безвредными для организма человека [1].

Среди таких растений интерес представляют виды рода *Trigonella*: пажитник сенной (греческий) (*T. foenum-graecum* L.) и пажитник голубой (*T. Caerulea* L. (Ser.)). Семена и высушенная зеленая масса пажитников сенного и голубого входят в состав пряно-ароматических смесей, таких как хмели-сунели, карри, уцхо-суне-

ли и др. [2]. Пажитник сенной имеет также кормовое значение из-за высокого содержания белка. Как бобовое растение, он является хорошим предшественником для других культур [3].

Пажитник сенной культивируется во многих странах Европы и Азии как пряно-ароматическое растение [4]. В 80-х годах интродуцирован в Московской области [3] и на Кавказе [1, 5]. На территории Беларуси некоторые сорта пажитника сенного и голубого успешно выращиваются в ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» и в Горецкой сельскохозяйственной академии [6, 7]. На основе интродуцированных в Беларуси сортов Ovary 4, Ovary Gold линии PSZ.G.SZ венгерской селекции был создан и в 2012 году зарегистрирован новый сорт пажитника греческого Овариголд бел для выращивания на приусадебных участках во всех областях Беларуси [2].

Пажитник греческий (*Trigonella foenum-graecum* L.) – однолетнее травянистое растение. Оно имеет прямые, реже приподнимающиеся ветвистые полые стебли, достигающие 70 см высотой. Листья тройчатые; пластинка листочков яйцевидной или яйцевидно-продолговатой формы с неравнозубчатым краем; основание листочка округло-клиновидное; верхушка выемчатая. Цвет верхней стороны листочка – темно-зеленый, нижней – серо-зеленый. Жилкование перистокрабежное.

Листорасположение очередное.

Листочки слабоопушенные, с ясно выраженным черешком. Стебель четырехугольный, матовый, гладкий, светло-зеленый. Главный корень стержневой, конический, гладкий, светло-коричневый, сильно ветвистый. Цветки сидячие, по 1–2 в пазухах листьев, чашечка образует короткую трубочку. Венчик бледно-желтый, длиной 15 мм. Плод – боб, 7–12 см длиной, с сильно вытянутым носиком, содержит до 15 желто-коричневых многогранных ромбовидной или почти кубической формы семян. Семена в зрелом состоянии буровато-желтые, продолговатые, длиной до 5 мм и шириной около 2 мм, твердые. На узкой стороне семени находится рубчик, от которого тянется складка, внедряющаяся между семядолями и согнутым корешком [6, 8].

Семена пажитника сенного содержат 20–30% белков (богатые метионином, аргинином, аланином, глицином, но бедные лизином) и до 4% пептидов, извлекаемых 0,05 М уксусной кислотой. По литературным данным известно, что пептиды, содержащиеся в семенах, имеют катионную природу и проявляют выраженную антимикробную и фунгицидную активность. Такие пептиды могут послужить альтернативой антибиотикам, к которым у ряда патогенных микроорганизмов выработалась резистентность. Семена также содержат до 45–60% углеводов, которые характеризуются выраженным накоплением галактурановой кислоты (более 65% от суммы), что сопоставимо по этому показателю с известными промышленными пектинами – цитрусовым и яблочным. Содержание жирного масла небольшое (7–10%), но оно ценное по составу: около 65% нейтральных липидов (из них на долю производных олеиновой кислоты приходится более 17%), 28% гликолипидов и 7% фосфолипидов [1].

Для семян пажитника характерно высокое содержание (до 6%) стероидных сапонинов (диосгенин, тигогенин, ямогенин и их гликозиды). Из фенольных соединений в семенах пажитника сенного идентифицированы галловая, салициловая, кофейная, хлорогеновая и изохлорогеновая кислоты; флавоноиды: дигидрокверцетин, витексин, ориентин, рутин, цинарозид, гиперозид, гесперидин, виценин; кумарины: скополетин, умбеллиферон. Обнаружены

небольшие количества алкалоида тригонеллина (0,3%), никотиновая кислота (3,5–18 мг%), фитостерины, горькие вещества, немного эфирного масла (0,3%), танины, витамины, минеральные вещества и др. [1, 8–11].

Как лекарственное растение, пажитник сенной включен в Европейскую фармакопею 2009 г. (Ph. Eur), Немецкую фармакопею 2008 г. (DAB), Британскую фармакопею 2009 г. (BP), Британскую травяную фармакопею 1996 г. (BNP), Французскую фармакопею X изд. (Ph. Fr), Государственную фармакопею Китайской Народной Республики VII изд. (ГФ КНР), и др. Лекарственным сырьем служат семена [1].

На мировом фармацевтическом рынке на основе семян *T. foenum-graecum* L. выпускаются биологически активные добавки антидиабетического, лактогонного, антиатеросклеротического действия [2]. Экстракт семян пажитника входит в состав лекарственных средств «Фитолизин», «Пасенин».

Изучение острой токсичности методом Кербера показало, что семена пажитника сенного практически безопасны для человека [12]. В настоящее время пажитник активно исследуется в клинических испытаниях.

В исследованиях на здоровых добровольцах было отмечено избирательное уменьшение спонтанного расхода жиров. Затем в течение 24 недель методом двойного слепого контроля были проведены исследования действия водно-спиртовой настойки пажитника сенного на уровень глюкозы в крови, инсулина в плазме и липидный состав крови. Также были проведены исследования на лицах, больных диабетом II типа, пожилых людях и детях. Результаты показали эффективность использования пажитника для снижения уровня глюкозы и стабилизации состояния при инсулиннезависимом диабете [8, 13].

Установлено, что сухие экстракты, полученные из семян пажитника сенного, обладают выраженным гипогликемическим действием и снижают уровень глюкозы в сыворотке крови животных при экспериментальном аллоксановом диабете на 38,48% [1].

Исследования, выполненные на животных и человеке, показали, что употребление семян пажитника греческого способствует снижению уровня холестерина

в плазме крови. Обезжиренные семена пажитника греческого уменьшали уровни общего холестерина и холестерина низкой плотности, уровень холестерина высокой плотности при этом оставался неизменным [8]. При сравнительном анализе гипохолестеринемической активности сухих экстрактов на крысах было показано, что пажитник греческий обладает более высокой эффективностью, чем подорожник большой и якорцы стелющиеся, при атерогенной диете (10% масляный раствор холестерина) [14].

Было доказано, что семена пажитника греческого обладают антиканцерогенными свойствами из-за ингибирования активности β -глюкуронидазы – фермента, который гидролизует токсины и мутагены, высвобождая активные канцерогенные вещества в печени. Многие ученые связывают это с системным действием галактоманнанов, сапонинов и флавоноидов [15].

Пажитник греческий обладает антиоксидантной активностью [2]. Данное растение используют в фармацевтической промышленности для изготовления бактерицидных пластырей, применяемых при нагноениях, нарывах. Жирное масло семян пажитника сенного оказывает ранозаживляющее действие, не уступающее по действию препарату сравнения (облепиховое масло). При его наружном нанесении на ожоговую рану репаративные процессы ускорялись, что приводило к более раннему отторжению ожогового струпа и сокращению сроков эпителизации. На всем протяжении лечения не происходило нагноения раны, что косвенно подчеркивает его антимикробную активность [16].

Таким образом, семена пажитника сенного являются ценным сырьем для получения лекарственных средств с гипохолестеринемическим, гипогликемическим действием и другими фармакологическими эффектами. Для разработки нормативной документации необходимо совершенствование методов идентификации семян пажитника с помощью ТСХ, а также адаптация к данному виду сырья методик количественного определения фураностаноловых сапонинов, флавоноидов и полисахаридов. Это и явилось целью данного исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования

были использованы три образца семян пажитника сенного, выращенные в Индии, Ливане и Беларуси (ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск).

Обнаружение стероидных сапонинов и флавоноидов проводили методом ТСХ на пластинках TLC Silica gel 60 F₂₅₄ Merck. Количественное содержание стероидных сапонинов, флавоноидов и полисахаридов в семенах пажитника сенного определяли спектрофотометрическим способом. Методики разрабатывались или адаптировались на основе известных в литературе [17–19].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обнаружение фураностаноловых сапонинов. Извлечения из семян пажитника получали с использованием в качестве экстрагента 70% этанола в соотношении 1:50 при нагревании на кипящей водяной бане в течение 30 минут. После центрифугирования при 2 тыс. об/мин в течение 5 мин супернатант использовали для ТСХ-анализа, нанося на пластинки TLC Silica gel 60 F₂₅₄ Merck по 5 мкл исследуемых извлечений в виде полос. В качестве раствора сравнения использовали извлечение из корневищ с корнями диоскореи ниппонской, приготовленное аналогичным образом.

Исследовали несколько систем растворителей для разделения стероидных сапонинов пажитника:

1. Метанол – вода (70:30).
2. Хлороформ – метанол – вода (30:17:3).
3. Бутанол – этанол – аммиак (7:2:5).
4. Этилацетат – этанол – вода – аммиак (2:4:1:1).
5. Метилэтилкетон – метанол – вода – аммиак (3:7:1:3).
6. Ацетон – этанол – вода – аммиак (10:4:1:3).

После высушивания пластинки обрабатывали реактивом Эрлиха (0,1 г 4-(диметиламино)-бензальдегида растворяли в 8 мл 95% этанола и прибавляли 2 мл концентрированной хлороводородной кислоты), который для улучшения проявляющих свойств модифицировали путем добавления одной капли раствора железа (III) хлорида. Фураностаноловые сапонины проявляются в виде пятен малинового цвета (рисунок 1).

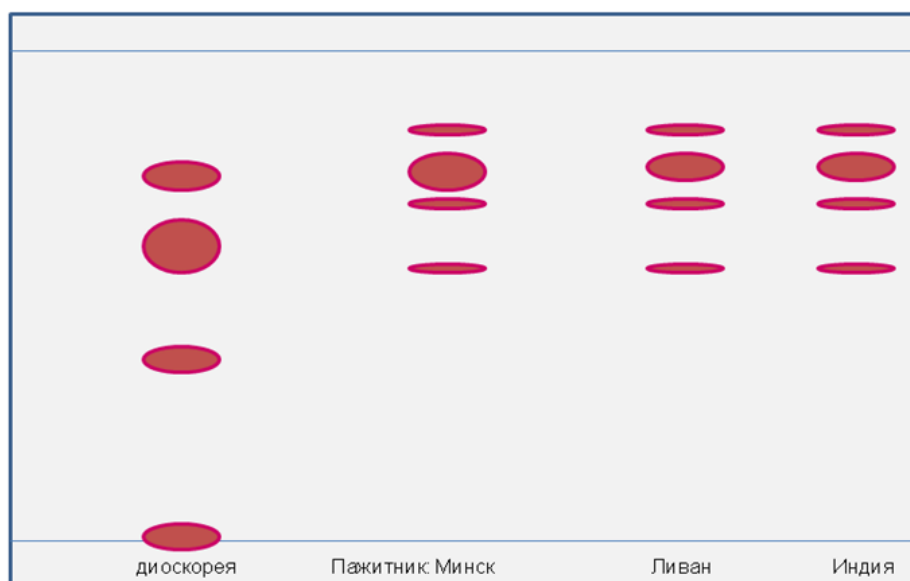


Рисунок 1 – Схема хроматограммы разделения фураностаноловых сапонинов семян пажитника сенного в системе растворителей ацетон – этанол – вода – аммиак (10:4:1:3)

Наилучшее разделение суммы стероидных сапонинов было достигнуто в системе № 6. В трех исследованных образцах семян были обнаружены 4 пятна сапонинов с $R_f = 0,81$; $0,75$; $0,70$ и $0,61$. Основной компонент имеет $R_f = 0,75$.

Для сравнения: в системе №1, рекомендованной Британской фармакопеей [19], все сапонины проявляются в виде одного пятна с $R_f = 0,83$; в системе № 2 идут с фронтом растворителей; в системе № 3 также в виде одного пятна, но с $R_f = 0,48$. В системах 4 и 5 сумма разделяется на две фракции с R_f соответственно $0,65$ и $0,51$ в системе № 4 и $R_f = 0,57$ и $R_f = 0,42$ в системе № 5.

Обнаружение флавоноидов. Извлечения наносили на пластинки TLC Silicagel 60 F₂₅₄ Merck или на пластинки TLC Cellulose Merck KGaA по 5 мкл исследуемых извлечений в виде полос. В качестве раствора сравнения использовали раствор рутина 500 мкг/мл.

Были отобраны следующие системы растворителей для разделения суммы флавоноидов семян пажитника (1–2 на пластинках с тонким слоем силикагеля; 3–4 на пластинках целлюлозы):

1. Этилацетат – муравьиная кислота – вода (8:1:1).
2. Ацетон – этанол – вода – аммиак (10:4:1:3).
3. Изопропанол – муравьиная кислота – вода (2:5:5).

4. Бутанол – уксусная кислота – вода (4:1:2).

Наилучшее разделение наблюдали в системах 1 и 2. После проявления 1% раствором 2-аминоэтилового эфира дифенилборной кислоты в этаноле и высушивания в токе теплого воздуха пластинки выдерживали в эксикаторе в течение 15 минут, а затем погружали на 1 секунду в смесь гексана и жидкого парафина в соотношении 2:1 с последующим высушиванием на воздухе для фиксации окраски и усиления флюоресценции. Пятна фенольных соединений обнаруживали просматриванием в видимом и УФ-свете. Флавоны и флавонолы проявлялись на пластинках в виде пятен светло-желтого цвета в видимом свете с ярко-желтой флюоресценцией.

Все три исследуемые образца семян пажитника сенного показали сходный спектр флавоноидов: на пластинках проявились по 4 пятна желтого цвета с $R_f = 0,72$; $0,51$; $0,35$ и $0,26$ (система № 1). Рутин проявлялся в виде пятна темно-желтого цвета с $R_f = 0,65$. На хроматограммах, полученных в системе растворителей № 2, обнаруживаются 6 веществ флавоноидной природы с $R_f = 0,12$; $0,30$; $0,41$; $0,49$; $0,80$ и $0,91$. Для сравнения, в извлечениях из плодов пажитника голубого, приготовленного аналогичным образом, проявляются всего 3 флавоноидных компонента суммы, идентичные по положению на хроматограмме веществам № 1, 5 и 6 пажитника сенного.

Количественное определение содержания фураностаноловых сапонинов в семенах пажитника сенного. Для количественного определения суммы фураностаноловых сапонинов методику, описанную в литературе для корневищ с корнями диоскореи ниппонской [17, 18], модифицировали: к 1 мл полученного извлечения прибавляли 1 мл 95% этанола и 2 мл реактива Эрлиха (1% раствор 4-(диметиламино)-бензальдегида в 4М растворе кислоты хлористоводород-

ной в 95% этаноле). В качестве раствора сравнения использовали смесь 1 мл извлечения, 1 мл 95% этанола и 2 мл 4М кислоты хлористоводородной в 95% этаноле. Испытуемые растворы и растворы сравнения выдерживали в термостате при температуре 58°C в течение 2 часов. Оптическую плотность измеряли при длине волны 518 нм в кюветах с толщиной слоя 1 см. Калибровочный график строили по кобальта хлориду (рисунок 2).

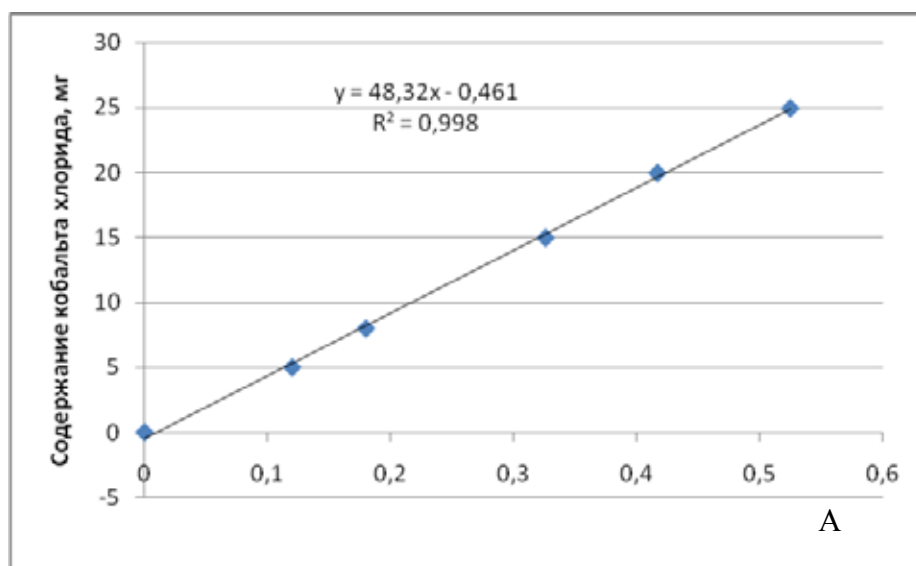


Рисунок 2 – Калибровочный график и уравнение пересчета оптической плотности растворов в содержание кобальта хлорида в мг

Расчет вели по формуле $x = a \cdot 0,0101 \cdot 10 \cdot 4 / m \cdot 10$, где a – содержание кобальта хлорида, вычисленное по уравнению $a = (48,323 \cdot A - 0,4618)$; m – навеска сы-

рья в пересчете на абсолютно сухую массу; 0,0101 – коэффициент пересчета на содержание стероидных сапонинов. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание стероидных сапонинов в семенах пажитника сенного, $n = 3$

№ образца	Страна места заготовки	Содержание сапонинов, %
1	Индия	2,38±0,04
2	Ливан	2,77±0,06
3	Беларусь	3,75±0,09

Наибольшее содержание стероидных сапонинов обнаружено в образце № 3 – в семенах пажитника сенного, культивируемого в ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси».

Количественное определение суммы полисахаридов в семенах пажитника сенного. Извлечения из семян пажитника получали с использованием в качестве экстрагента воды очищенной. Подбирали такие условия конечного разведения извлечений, чтобы оптическая плотность

растворов, предназначенных для спектрофотометрирования, была в пределах 0,1–0,5. Из-за большого содержания полисахаридов потребовались более высокие разведения по сравнению с предложенными для листьев подорожника большого [17].

В итоге предложена следующая методика получения извлечений. 0,2 г (точная навеска) измельченных семян пажитника сенного помещали в коническую колбу с притертой пробкой, прибавляли 50 мл воды очищенной и нагревали на кипящей

водяной бане с обратным холодильником в течение 30 минут. Извлечение процеживали через вату в мерную колбу вместимостью 100 мл. Вату помещали в колбу и экстракцию повторяли еще с 50 мл воды очищенной. Объем объединенного экстракта доводили до 100,0 мл с помощью воды очищенной и тщательно перемешивали. 5 мл полученного извлечения помещали в центрифужную пробирку, прибавляли 15 мл 95% этилового спирта, нагревали до 30°C в течение 5 минут и оставляли на один час для коагуляции осадка полисахаридов. Затем центрифугировали при 5 тыс. об/мин в течение 5 минут, супернатант отделяли, осадок растворяли в 0,1% растворе натрия гидроксида, количественно перенося его в мерную колбу вместимостью 25 мл, доводили до объема 25,0 мл с помощью 0,1% раствора натрия гидроксида. Слабощелочной раствор был необходим, поскольку осадок после центрифугирования медленно растворяется в воде очищенной.

0,4 мл полученного раствора помещали в стеклянный флакон, прибавляли 0,4 мл 5% раствора фенола в воде очищенной, осторожно прибавляли 2 мл кислоты

серной концентрированной и охлаждали под струей воды. Через 15 минут измеряли оптическую плотность полученных растворов на спектрофотометре СФ-26 при длине волны 485 нм в кюветах с толщиной слоя 10 мм. В качестве компенсационного раствора использовали раствор, состоящий из 0,4 мл воды очищенной, 0,4 мл 5% раствора фенола в воде очищенной и 2 мл кислоты серной концентрированной.

Калибровочный график (рисунок 3) строили с использованием глюкозы (х.ч.).

Расчет содержания полисахаридов в % в пересчете на глюкозу проводили по формуле:

$$x = a \cdot 100 \cdot 25 / m \cdot 5 \cdot 10000 = a \cdot 0,05 / m,$$

где a – содержание глюкозы в мкг, вычисленное по уравнению $a = (A - 0,0119) / 0,0098$; m – навеска сырья в пересчете на абсолютно сухую массу. Результаты представлены в таблице 2.

Наибольшее содержание полисахаридов обнаружено в образце № 1 – семенах пажитника сенного, выращенных в Индии. Белорусский образец содержит полисахаридов почти в два раза меньше.

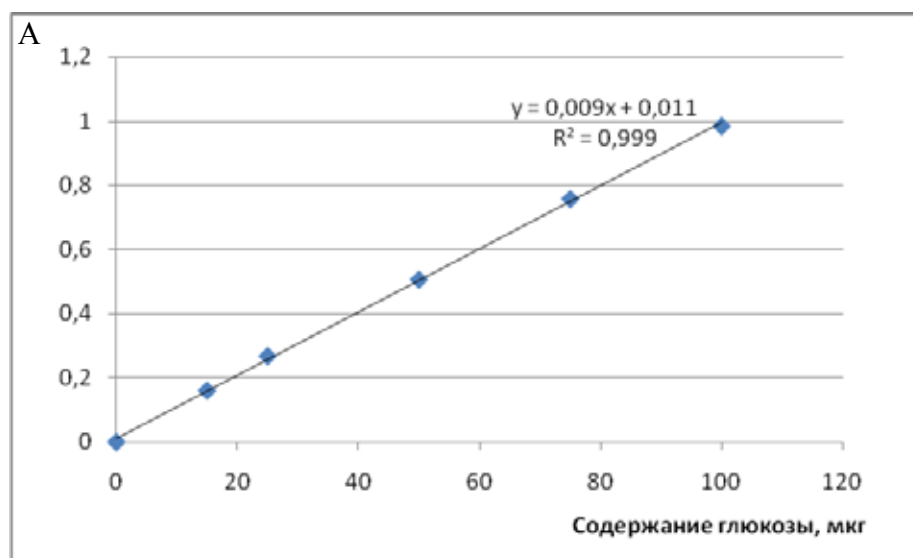


Рисунок 3 – Калибровочный график для пересчета оптической плотности растворов в содержание глюкозы в мкг

Таблица 2 – Содержание полисахаридов в семенах пажитника в пересчете на глюкозу, $n = 3$

№ образца	Страна места заготовки	Содержание полисахаридов, %
1	Индия	35,5±0,07
2	Ливан	27,3±0,06
3	Беларусь	16,8±0,03

Количественное определение суммы флавоноидов в семенах пажитника сенного. Из каждого образца брали по три параллельные навески. 1,0 г измельченных семян пажитника сенного (точная навеска) помещали в коническую колбу с притертой пробкой, прибавляли 25 мл спирта этилового 70% и нагревали на кипящей водяной бане с обратным холодильником в течение 30 минут. Извлечение процеживали через вату в мерную колбу вместимостью 50 мл. Вату помещали в колбу и экстракцию повторяли еще с 25 мл спирта этилового 70%. Объем объединенного экстракта доводили до 50,0 мл с помощью спирта этилового 70% и тщательно перемешивали. 2,5 мл полученного извлечения помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, прибавляли 5 мл 2% раствора алюминия хлорида в этиловом спирте, 2 мл ацетатного буферного раствора с pH=3 и доводили объем полученного раствора до 25,0 мл с помощью спирта этилового 70%. Для приготовления компенсационного раствора 2,5 мл полученного извлечения помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, прибавляли 2 мл ацетатного буферного раствора с pH=3 и доводили объем полученного раствора до 25,0 мл с помощью спирта этилового 70%.

Раствор сравнения готовили аналогично с использованием раствора рутина

200 мкг/мл. Раствор алюминия хлорида 2% готовили растворением навески в 70% растворе спирта этилового в воде. Ацетатный буферный раствор (pH 3) готовили, прибавляя к 10 мл 1М натрия гидроксида 57 мл 60 г/л кислоты уксусной и доводя до 100 мл. Содержание суммы флавоноидов в пересчете на рутин в процентах (X) вычисляли по формуле:

$$X = \frac{A \cdot m_p}{m \cdot A_p} \cdot \frac{100}{100 - w} \cdot 100,$$

где A – оптическая плотность исследуемого раствора;

m_p – масса рутина в растворе сравнения в граммах;

A_p – оптическая плотность раствора рутина;

m – масса сырья в граммах;

w – потеря в массе при высушивании сырья в процентах.

Результаты представлены в таблице 3.

Как видно из представленных данных, образцы № 2 и № 3 показали практически одинаковое содержание флавоноидов, образец № 1 несколько им уступает. По результатам дисперсионного анализа различия между образцами по содержанию флавоноидов статистически достоверны ($F_{\text{выч}} > F_{\text{ст}}$).

Таблица 3 – Содержание флавоноидов в пересчете на рутин в семенах пажитника сенного, n=3

№ образца	Страна места заготовки	Содержание флавоноидов, %	$F_{\text{выч}}$	$F_{\text{ст}}$
1	Индия	0,82±0,03	7,045	5,14
2	Ливан	0,92±0,04		
3	Беларусь	0,93±0,04		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана методика обнаружения фураностаноловых сапонинов и флавоноидов в семенах пажитника сенного на ТСХ-пластинках с силикагелем. Обнаружена универсальная система растворителей для хроматографического разделения суммы сапонинов и флавоноидов одновременно: ацетон-этанол-вода-аммиак (10:4:1:3).

Разработана методика спектрофотометрического определения стероидных сапонинов в семенах пажитника сенного с использованием реактива Эрлиха; определения полисахаридов с использованием раствора фенола в серной кислоте и опре-

деления суммы флавоноидов с использованием раствора алюминия хлорида и буферного раствора с pH=3.

Наибольшее содержание фураностаноловых сапонинов обнаружено в образце семян пажитника, выращенного в ЦБС г. Минска (3,75%). Образец из Индии намного превышает остальные по содержанию полисахаридов (35,5% против 27,3% и 16,8% в образцах, выращенных в Ливане и Беларуси соответственно). Содержание флавоноидов ниже в образце из Беларуси.

Таким образом, культивируемый в условиях Беларуси пажитник сенной накапливает в семенах большое количество сапонинов и может быть рекомендован для

медицинского использования в качестве гипохолестеринемического и гипогликемического средства.

SUMMARY

N. A. Kuzmichova
PHYTOCHEMICAL ANALYSIS
OF FENUGREEK SEEDS

The TLC method of determination of steroid saponins and flavonoids in the fenugreek seeds is described in this article. Several solvent systems are proposed, one of them is universal for separation of both saponins and flavonoids. Spectrophotometric methods of quantitative investigation of furostanolic saponins with the Erlich's reactive, polysaccharides with the phenol solution, and flavonoids with the aluminium hydrochloride are adapted to these raw material. Description of methods and formulas for calculation are presented. Content of active compounds was determined by those methods in three samples of fenugreek seeds from India, Lebanon and Belarus. Saponins' content of fenugreek cultivated in Belarus was higher, flavonoids' content and polysaccharides' content were lower in comparison with the samples from India and Lebanon.

Keywords: steroid saponins', flavonoids', polysaccharides', fenugreek, *Trigonella foenum-graecum*, TLC, spectrophotometry.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орловская, Т. В. Фармакогностическое исследование некоторых культивируемых растений с целью расширения их использования в фармации: автореф. дис. ... д-ра фарм. наук: 14.04.02 – ГУО ВПО «Пятигорская ГФА Росздрава» / Т. В. Орловская. – Пятигорск, 2011. – 50 с.
2. Агабалаева, Е. Д. Физиолого-биохимические особенности представителей рода *Trigonella* при интродукции в условиях Беларуси: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.01.05 / Е. Д. Агабалаева. – Минск, 2015. – 23 с.
3. Камбалауи, Я. О. Изучение морфогенеза пажитника сенного (*Trigonella foenum-graecum* L.) и влияние некоторых агротехнических приемов на урожайность и качество сырья: автореф. дис. ... канд. сельскохозяйств. наук: 06.01.09 / Я. О. Камбалауи. – М., 1985 – 84 с.
4. Большой энциклопедический словарь лекарственных растений: учебное

пособие / Под ред. Г. П. Яковлева. – 3-е изд., испр. и доп. – СПб.: СпецЛит, 2015. – С. 403.

5. Магомедова, З. С. Фармакогностическое изучение семян пажитника сенного (*Trigonella foenum-graecum* L.), индуцированного на Кавказских Минеральных Водах: автореф. дис. ... канд. фарм. наук: 15.00.02 / З. С. Магомедова. – ГУО ВПО «Пятигорская ГФА Росздрава». – Пятигорск, 2006. – 15 с.

6. Шелюто, Б. В. Пажитник греческий (*Trigonella foenum-graecum* L.) – новая кормовая и лекарственная культура / Б. В. Шелюто, И. М. Нестерова, М. Шандор // Современное состояние, проблемы и перспективы развития кормопроизводства: материалы междунаучно-практ. конф., Горки, 15–16 июня 2007 г. / БелГСХА; редкол. С. В. Янушко. – Горки, 2007. – С. 203–206.

7. Плечищик, Е. Д. Пажитник греческий (*Trigonella foenum-graecum* L.) – новая для Беларуси, перспективная пряно-ароматическая и лекарственная культура / Е. Д. Плечищик, Л. В. Гончарова, Е. В. Спиридович // Интродукция и селекция ароматических и лекарственных растений: материалы междунаучно-практ. конф., Ялта, 8–12 июня 2009 г. / НБС-ННЦ. – Ялта, 2009. – С. 148.

8. Пажитник греческий (*Trigonella foenum-graecum* L.) как источник широкого спектра биологически активных соединений. / Е. Д. Плечищик [и др.] // Труды БГУ. Сер. Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. – 2009. – Т. 4, часть 2. – С. 138–146.

9. Богачева, Н. Г. Стероидные генины семян *Trigonella foenum-graecum* L. / Н. Г. Богачева, В. И. Улезло, Л. М. Коган // Химико-фармацевтический журнал. – 1976. – № 3. – С. 70–72.

10. Богачева, Н. Г. Строение тетраозида ямогенина из семян *Trigonella foenum-graecum* L. / Н. Г. Богачева, В. И. Шевченко, Л. М. Коган // Химико-фармацевтический журнал. – 1977. – № 7. – С. 65–69.

11. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейство *Fabaceae* / Под ред. П. Д. Соколова. Л.: Наука, 1986. – С. 190–191.

12. Орловская, Т. В. Изучение «острой» токсичности и активности некоторых видов растительного сырья и фитосубстан-

ций на его основе / Т. В. Орловская, С. А. Кулешова // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сб. науч. тр. / Пятигорская ГФА. – Пятигорск, 2011. – Вып. 66. – С. 550–551.

13. Zimmet, P. Preventing type 2 diabetes and the dysmetabolic syndrome in the real world: a realistic view / P. Zimmet, J. Shaw, G. Alberti // DiabetMed. – 2003. – Vol. 20. – № 9. – P. 693–702.

14. Саркисян, А. С. Сравнительная характеристика гипохолестеринемической активности сухих экстрактов подорожника большого, якорцев стелющихся и греческой сены у крыс / А. С. Саркисян // Человек и лекарство: тезисы докладов: Российский национальный конгресс. – 2003. – С. 658.

15. Devasena, T. Fenugreek affects the activity of β -glucuronidase and mucinase in the colon / T. Devasena, V. P. Menon // Phytotherapy research. – 2003. – Vol. 17. – P. 1088–1091.

16. Экспериментальное изучение противоожоговой активности жирного масла семян пажитника сеного / Т. В. Орловская [и др.] // Человек и лекарство: тез. докл. 12 Рос. нац. конгр. 18–22 апр. 2005 г. – М.,

2005. – С. 451–452.

17. Государственная фармакопея Республики Беларусь. Том 2. Контроль качества вспомогательных веществ и лекарственного растительного сырья / УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; Под общ. ред. А. А. Шерякова. – Молодечно: «Типография «Победа», 2008. – 472 с.

18. Химический анализ лекарственных растений / Под ред. проф. Н. И. Гринкевич, доц. Л. Н. Сафронович. – М.: Высшая школа, 1983. – С. 52–53.

19. British Pharmacopoeia 2009. Vol. III. Herbal Drugs and Herbal Drug Preparations. – P. 498–499 (6980–6981).

Адрес для корреспонденции:

210023, Республика Беларусь,
г. Витебск, пр. Фрунзе, 27,
УО «Витебский государственный
ордена Дружбы народов
медицинский университет»,
кафедра фармакогнозии
с курсом ФПК и ПК,
тел. раб.: 8 (0212) 64-81-78,
Кузьмичева Н. А.

Поступила 10.01.2017 г.

Г. Н. Бузук

ФИТОИНДИКАЦИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ШКАЛ И РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНДЕКС

Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет

Предложена методика определения экологического пространства сообществ растений (фитоценозов). Методика основана на ранжировании экологических амплитуд факторов видов фитоценоза (геоботанического описания) относительно их диапазона толерантности с последующим расчетом уравнений линейной регрессии для верхней и нижней границ значений баллов (градаций или ступеней) факторов. Дана возможная интерпретация построенных на основе линий регрессий геометрических фигур и их параметров. Предложен и обоснован экологический индекс, определена точность оценки экологического пространства фитоценоза.

Ключевые слова: экологические шкалы, линейная регрессия, экологическое пространство, экологический индекс.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка экологических факторов прямыми методами является достаточно дорогой, трудоемкой и, зачастую, невыполнимой, особенно для получения информации в полевых условиях при охвате большого

количества ландшафтов и их компонентов. Однако в геоботанике достаточно широко распространены фитоиндикационные методы, основанные на балльных экологических шкалах.

Как утверждает один из разработчиков экологических шкал Д. Н. Цыганов,